

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-226789

(43)Date of publication of application : 03.09.1993

(51)Int.Cl.

H01S 3/18
H01S 3/07
H01S 3/094
H01S 3/10

(21)Application number : 04-318049

(71)Applicant : AMERICAN TELEPH & TELEGR CO <ATT>

(22)Date of filing : 27.11.1992

(72)Inventor : CHEN YOUNG-KAI
CHIN MAURICE A
KUO JENN-MING
SERGENT ARTHUR M
WU MING-CHIANG

(30)Priority

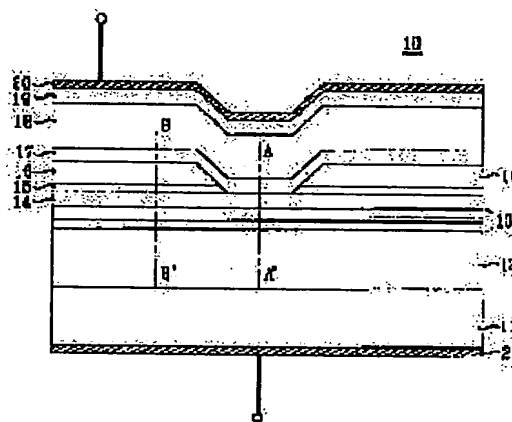
Priority number : 91 800772 Priority date : 27.11.1991 Priority country : US

(54) PRODUCT COMPRISING STRAIN LAYER QUANTUM-WELL LASER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a semiconductor laser, based on such GaAs as radiates at a specified wave length, while comprising at least one quantum well which is held between two barrier layers, selecting a quantum-well composition, so that the equilibrium lattice constant accompanying the composition is different from that accompanying a barrier wall layer material.

CONSTITUTION: This product comprises a strain layer QW laser 10 which comprises a self-matched structure, based on GaAs suitable for the radiation at a predetermined wavelength in about 0.87-1.1 μm wavelength region. A semiconductor material which, at least containing Al is not contained, so such the laser can be grown easily by MBE is contained. An active layer comprises at least one QW of a thickness smaller than a critical thickness accompanying transition formation, while the QW is held between two barrier layers, and a QW composition is so selected that the equivalent lattice constant accompanying the composition is different from that accompanying a barrier wall layer material. In particular selection is made so that a forbidden band energy of an appropriate layer is larger than that of an active layer.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 01.04.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-226789

(43) 公開日 平成5年(1993) 9月3日

(51) Int. Cl. ⁵

識別記号

F I

H01S 3/18

9170-4M

3/07

8934-4M

3/094

3/10

Z 8934-4M

8934-4M

H01S 3/094

S

審査請求 未請求 請求項の数8 (全7頁)

(21) 出願番号 特願平4-318049

(22) 出願日 平成4年(1992)11月27日

(31) 優先権主張番号 800772

(32) 優先日 1991年11月27日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390035493

アメリカン テレフォン アンド テレグ
ラフ カムパニー

AMERICAN TELEPHONE
AND TELEGRAPH COMPA
NY

アメリカ合衆国 10013-2412 ニューヨ
ーク ニューヨーク アヴェニュー オブ
ジ アメリカズ 32

(74) 代理人 弁理士 岡部 正夫 (外2名)

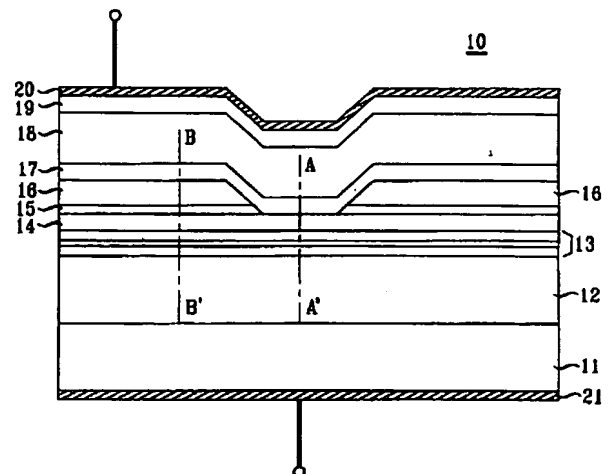
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 歪層量子井戸レーザを含む製品

(57) 【要約】

【目的】 本発明は歪層量子井戸 (QW) 半導体レーザ及びそのようなレーザを含む製品に係る。

【構成】 ほぼ0.87-1.1 μm の波長領域に放射波長を有するGaAsを基礎とした自己整合レーザ (10) が明らかにされている。レーザは歪層QWレーザで、容易に作製される。本発明のレーザの好ましい実施例は、Alを含んだ半導体合金を含まない。本発明に従うレーザは、たとえばErドープファイバ増幅器用の0.98 μm ポンプ源として用いると有利である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長 λ の電磁放射を放出するのに適したGaAsを基礎とした自己整合半導体レーザ(10)を含み、レーザは半導体基板(11)、基板上の複数のエピタキシャル半導体層、接触手段間で電流を流すための第1及び第2の接触手段(20, 21)を含み、複数の半導体層は順に、第1の伝導形を示すようにドーパされた第1の半導体層(12)（“第1のクラッド層”とよぶべき）、本質的にアンドープの第2の半導体層(13)（“活性層”とよぶべき）、第2の伝導形を示すようにドーパされた第3の半導体層(14)（“第2のクラッド層”とよぶべき）及びパターン形成された第4の半導体層(16)（“阻止層”とよぶべき）を含み、阻止層材料の少くとも一部は、第1の伝導形を示すようにドーパされ、阻止層は順方向バイアスレーザ動作条件下で、接触領域から前記第2のクラッド層を通り、前記活性層中に、荷電キャリアが流れやすいようにするのに適した窓を規定するためにパターン形成され、前記阻止層は順方向バイアスレーザ動作条件下で、阻止層材料を貫き第2のクラッドに荷電キャリアが流れるのを本質的に阻止するのに適した製品において、

a) λ は、 $0.87\mu\text{m}$ より大きく約 $1.1\mu\text{m}$ 以下であること、及び

b) 活性層は転位形成に付随した臨界厚 t より小さい厚さ t を有し、2つの障壁層には含まれた少くとも1つの量子井戸を含み、量子井戸材料の組成は、組成に付随した平衡格子定数が、障壁層材料に付随した平衡格子定数とは異なるように選択されることを特徴とする製品。

【請求項2】 請求項1に記載の製品において、阻止層及び活性層の組成は、阻止層に付随した禁制帯エネルギー(E_{g1})が活性層に付随した禁制帯エネルギー(E_{g2})より大きくなるように選択される製品。

【請求項3】 請求項2に記載の製品において、 E_{g1} が第2のクラッド層に付随した禁制帯エネルギー(E_{g3})より小さいか等しく、複数の半導体層は第4の半導体層（“導波路層”とよぶべき）を含み、導波路層の少くとも一部は、阻止層中の前記窓内で第2のクラッド層と接し、導波路層材料の組成は、導波路層材料に付随した禁制帯エネルギー(E_{g4})が条件 $E_{g2} < E_{g3} < E_{g4}$ を満たすように選択される製品。

【請求項4】 請求項2に記載の製品において、 E_{g1} が E_{g3} より大きい製品。

【請求項5】 請求項1に記載の製品において、阻止層及び活性層の組成は、阻止層に付随した禁制帯エネルギー(E_{g1})が活性層に付随した禁制帯エネルギー(E_{g2})より小さいように選択される製品。

【請求項6】 請求項5に記載の製品において、阻止層は複数の量子井戸を含む製品。

【請求項7】 請求項1に記載の製品において、基板はGaAsで複数の層は本質的にAlを含まない製品。

【請求項8】 請求項1に記載の製品において、第1の伝導形はn形伝導形で、 t はせいぜい 30nm で、阻止層の厚さは少くとも $0.1\mu\text{m}$ である製品。

【発明の詳細な説明】

【0001】本発明の分野

本発明は歪層量子井戸(QW)半導体レーザ、及びそのようなレーザを含む製品に係る。

【0002】本発明の背景

Erドーパシリカ光ファイバ増幅器は、 $0.98\mu\text{m}$ 放射でポンピングすると有利であり、Prを基礎とするフッ化物ファイバ増幅器を約 $1.01\mu\text{m}$ 波長の放射でポンピングすると有利であろうということが発見されたことが少くとも部分的な理由となり、約 $0.87-1.1\mu\text{m}$ 波長領域用の放射源に対する商業的な関心が、現在もたれている。

【0003】実際の理由により、光ファイバ増幅器用ポンピングレーザは、ほとんど不変的に半導体レーザである。InPを基本とするレーザは、約 $0.94\mu\text{m}$ 以上の放射波長をもてることが知られている。しかし、そのようなレーザで実現可能な波長領域の、(典型的な場合約 $1\mu\text{m}$ 以下の)短波長部分に波長をもつInPを基礎としたレーザは、 $0.94\mu\text{m}$ ないし約 $1\mu\text{m}$ の範囲にポンピング放射を有する光ファイバ増幅器のような用途に対しては、適切な選択ではないいくつかの欠点を典型的な場合もっている。たとえば、その波長範囲で放射するInPを基礎とするレーザは、InPと適切な四元又は三元の半導体合金との禁制帯の差が本質的に低いために、高い閾値電流と低量子効率をもつ。一方、GaAsと適切な合金との禁制帯差は、比較的大きく、たとえば比較的低い閾値電流と比較的小さな温度依存性といった有利な特性を有するGaAsを基礎としたレーザの設計が可能になる。従って、ほぼ $0.87-1.1\mu\text{m}$ の波長範囲のあらかじめ決められた波長で放射できるGaAsを基礎とした半導体レーザを実現することが、非常に望ましい。

【0004】しかし周知のように、GaAsと適切な合金の禁制帯は、すべてのGaAsを基礎とした格子整合レーザは、 $0.87\mu\text{m}$ 以下の放射波長をもつ。

【0005】 $0.87-1.1\mu\text{m}$ 波長領域で放射するGaAsを基礎とした歪層QWレーザは知られている。たとえば、エム・オカヤス(M. Okayasu)ら、エレクトロニクス・レターズ(Electronics Letters), 第25(23)巻, 1563頁(1989); エイチ・ケイ・チョイ(H. K. Choi)ら、アプライド・フィジックス・レターズ(Applied Physics Letters), 57(4)巻, 321頁(1990)を参照のこと。しかし、これらの従来技術のレーザは、リッジ導波路、埋込みヘテロ構造、キャップヘテロ構造あるいは製作中、1ないし複数の厳密さを必要とする位置合せ工程を、典型的な場合必要とする構造(典型的な場合屈折率導波構造)を作製

する困難さをもつ。これらの従来技術のレーザの多くに付随した別の製作上の問題は、A1を含む半導体材料を用いることである。当業者にはA1を含む半導体合金は、酸化しやすい強い傾向をもち、たとえば再成長前に酸化物の除去工程が必要であることが、よく知られている。このことは、他の点では非常に有利な成長法である分子線エピタキシー (MBE) を用いる時、特に問題である。

【0006】自己整合構造を有するレーザは自己整合しないものより、典型的な場合製作が容易で、自己整合レーザは知られている。たとえば、エム・ニド (M. Nido) ら、アイ・イーイーイー・ジャーナル・オブ・カンタム・エレクトロニクス (IEEE Journal of Quantum Electronics)、第QE-23 (6) 巻、720頁 (1987)；エイチ・タナカ (H. Tanaka) ら、ジャパニーズ・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス (Japanese Journal of Applied Physics)、第24 (2) 巻、L89頁 (1985) 及びエイチ・タナカ (H. Tanaka) ら、ジャーナル・オブ・クリスタル・グロウス (Journal of Crystal Growth)、第III 巻、1043頁 (1991) を参照のこと。従来技術のGaAsを基礎とした自己整合レーザは、基板に格子整合のとれたバルク電流阻止層を有し、それらの放射波長は従って活性層材料の禁制帯エネルギーによってのみ決まる。そのようなレーザが上で述べた波長領域で放射するように設計できないのは、この理由による。なぜなら、その領域の波長に対応したE_vをもつ適当なGaAsを基礎とする合金は存在しないからである。更に、従来技術のGaAsを基礎とした自己整合レーザは、典型的な場合、A1を含む半導体合金を含み、従って製作中特別な工程を必要とする。たとえば、エイチ・タナカ (H. Tanaka) ら (上で引用) は、100nm厚のみの不活性化層が残るように、GaAs層の化学的なパターン形成及び薄化を含み、第2のエピタキシャル成長サイクルの直前に、不活性化層を熱的に分解させる製作プロセスを、明らかにしている。

【0007】上の議論において、放射波長がほぼ0.87-1.1μmにあるGaAsを基礎とした自己整合の (従って製作が容易な) 半導体レーザを実現することが、非常に望ましい。

【0008】用語及び定義

ここでの“量子井戸”は第2の組成の半導体材料には含まれた第1の組成及び厚さtの薄い半導体層である。組成は第1の組成の適切な禁制帯エネルギーE_{v1}が、第2の組成の禁制帯エネルギーE_{v2}より小さくなるように選択される。また、tは量子井戸中の自由キャリアが量子効果を示すように、たとえば、井戸に付随した最低エネルギーレベルが、井戸材料の適切な禁制帯端と一致しないように、選択される。典型的な場合、tは約30nmより小さい。

【0009】ここでの半導体領域に付随した“禁制帯エ

ネルギー”は、材料の価電子帯と伝導帯間の遷移に付随した最小エネルギー変化である。もし半導体領域がQWを含むなら、この領域に付随した禁制帯エネルギーは、価電子帯に付随したエネルギーレベルと伝導帯に付随したエネルギーレベル間の遷移に付随した最小エネルギー変化である。

【0010】もしレーザが作れるなら、ここでのレーザは“自己整合”され、電荷及び放射フィールドの両方を同時に規定するのに、厳密な位置合せ工程を必要としない。

【0011】本発明の要約

広義には、本発明は自己整合構造を有し、ほぼ0.87-1.1μmの波長領域中のあらかじめ決められた波長の放射に適したGaAsを基礎とした歪層QWレーザを含む製品である。少くとも本発明のいくつかの実施例は、A1を含む半導体材料を含まず、従ってMBEにより比較的容易に成長できるレーザを含む。

【0012】より具体的には、本発明に従うレーザは、GaAs基板、基板上の複数のエピタキシャル半導体層及び接触手段間で電流を流すのを容易にする第1及び第2の接触手段を含む。複数の半導体層は、第1の伝導形を示すようにドーピングされた第1の半導体層、アンドーピング (意図的にはドーピングされない) の第2の半導体層、第2の伝導形を示すようにドーピングされた第2の半導体層、第2の伝導形を示すようドーピングされた第3の半導体層及びパターン形成された第4の半導体層を含み、第4の層材料の少くとも一部は、第4の層が第1の伝導形を示すようにドーピングされる。制限を加える目的ではなく、第1-第4の半導体層は、“第1のクラッド層”、“活性層”、“第2のクラッド層”及び“阻止層”としばしばよばれる。n番及び(n+1)番の層(n=1, 2, 3)は必ずしも相互に直接接触しないことが理解されるであろう。

【0013】第4の (阻止) 層は阻止層中に開孔 (窓) を規定するためにパターン形成され、窓は通常のレーザ動作条件 (順方向バイアス) 下で、接触領域から第2のクラッド層を貫き、活性層中に荷電キャリアが流れるのを容易にするのに適している。阻止層は更に、同じ通常の動作条件下で、接触領域から阻止層材料を貫き、第2のクラッド層中に荷電キャリアが流れるのを本質的に阻止するのに適している。

【0014】重要なことは、本発明のGaAsを基礎とする自己整合レーザは、ほぼ0.87-1.1μm波長領域中のあらかじめ決められた波長で放射し、活性層は転位形成に付随した臨界厚t_cより小さな厚さの少くとも1つのQWを含み、QWは2つの障壁層の間には含まれ、QWの組成は組成に付随した等価な格子定数が、障壁層材料に付随した等価な格子定数とは異なるように選択される。各種層の組成は、特に適切な層の禁制帯エネルギーが (阻止層のそれについての例外の可能性はある

10

20

30

40

50

が)、活性層の禁制帯エネルギーより大きいように選択するのが有利である。

【0015】たとえば、本発明に従うレーザは、In, Ga, As, In, Ga, P (しばしば、それぞれ“InGaAs”及び“InGaP”と示される)及びGaAsエピタキシャル層をその上に有するGaAs基板を含む。周知のように、InGaAsはGaAsとは決して格子整合せず(転位の形成を防止するため、層厚を制限することが必要である)、InGaPは $y=0$ 、49の場合、GaAsと格子整合する。

【0016】本発明に従う製品の例は、本発明に従う0.98 μm ポンピングレーザを含む光ファイバ増幅器である。

【0017】いくつかの好ましい実施例の詳細な記述
本発明の実施例(10)が、図1中に概略的に描かれている。数字(11)は半導体基板(たとえば n^+ GaAs)、(12)は第1のクラッド層(たとえば n -InGaP)、(13)は(1ないし複数の歪QW層を含む)活性層をさす。更に、数字(14)は第2のクラッド層(たとえば p -InGaP)、(15)は必要に応じて設けるエッチ停止層(たとえば p -GaAs)、(16)はパターン形成された阻止層(たとえば n -InGaAs)、(17)は必要に応じて設ける光導波層(たとえば p -GaAs)、(18)は更に別のクラッド層(たとえば p -InGaP)、(19)はキャップ層(たとえば p^+ -GaAs)、(20)及び(21)は通常の接触層(たとえば、それぞれAuBe/Ti/Au及びAu/Sn/Au)をさす。図1は必ずしも各層が実際のデバイス中に組込まれるのが望ましいということを示しているのではないことが、理解されるであろう。しかし、図1は本発明の実施例の動作原理を理解するために必要な特徴を示す。

【0018】図3及び2はそれぞれ線AA'及びBB'に沿った図1の実施例に付随した伝導帯端の通常の形を示す。数字(28)はクラッド(18)の伝導帯端を、(27)は導波路層(17)のそれを、(26)は阻止層(16)のそれを、(25)はエッチ停止層(15)のそれを、(24)はクラッド層(14)のそれをさす。更に、数字(231)及び(233)は障壁層の伝導帯端を、(232)は障壁層にはさまれたQWのそれをさす。数字(29)はQWに付随した最近の基底エネルギーレベルをさす。簡単にするため、ただ1つだけのQWが示されている。最後に、数字(22)はクラッド層(12)の伝導帯端をさす。対応する価電子帯端は示されていないが、材料の任意の適当な組合せに対して、容易に描ける。

【0019】図からわかるように、図1の実施例は禁制帯エネルギー E_c が付随した活性領域より大きな阻止層(16)を含む。更に、阻止層(16)の E_c はクラッド層(18)の E_c より小さいか等しい(従って、一般

に(16)の屈折率は(18)のそれより大きいか等しい)から、導波路層(17)によって、横方向の導波路が作られる。

【0020】当業者は阻止層(16)の組成を、阻止層材料がクラッド層(18)の E_c より大きな E_c をもつ(従って(16)の屈折率は(18)より小さい)ように選択できることを認識するであろう。この場合、そのような構造は導波路層がなくても、横方向の導波を示すから、導波路層(17)は必要に応じて設ければよい。

10 【0021】本発明の更に別の実施例(40)が、図4に概略的に描かれている。レーザはクラッド層(42)(たとえば n -InGaP)、活性層(43)(たとえば上で述べたように、活性層QWの組成はIn, Ga, Asで、たとえば $x=0.2$ である)、クラッド層(44)及び(48)(たとえば p -InGaP)、阻止層(46)を含む。阻止層は複数のQWを含む。QW材料の組成又はQWの厚さの両方又は一方は、QWが活性領域で発生した放射を吸収できるように、選択される。たとえば、このことはもし阻止層QWが $y \geq x$ (たとえば $y=0.25$)の組成In, Ga, Asを有し、阻止層QWが活性領域QW又は複数のQWと同じ厚さをもつと仮定すれば、達成される。

20 【0022】当業者は本発明の実施例は、吸収を通して、横方向の放射閉じ込めを含むことを理解するであろう。吸収の相対的な量は、たとえば(43)と(46)間の距離及び阻止層QWの数及び厚さに依存する。典型的な場合、阻止層(46)の厚さは、少くとも0.1 μm である。なぜなら、著しく薄い阻止層は、電気的な降伏又は過度の漏れを生じるからである。もちろん、QWすべての厚さは、転位のない構造を保障するため、(周知の)各臨界厚より小さいように選択される。

30 【0023】図1に本質的に示されるレーザは、以下のように作られた。(100) n^+ -GaAsウエハ上に、ガスソースMBEにより順次、0.2 μm の格子整合した超格子から成るバッファ層(10対の n^+ -InGaP/GaAs;各層は10nmの厚さ)、1.5 μm の n^+ -InGaPクラッド層、0.1 μm のGaAsの別の閉じ込めヘテロ構造(SCH)層、20nmのGaAs層で分離された3つの7nmのIn_{0.2}Ga_{0.8}As歪QW層、0.1 μm のGaAsSCH層、0.1 μm の p^+ -InGaP障壁層、10nmの p^+ -GaAsエッチ停止層、及び0.2 μm の n^+ -InGaP阻止層を成長させた。SCH層/3QW/SCH層の組合せは、図1の活性層(13)に対応する。

【0024】上の第1の成長が完了した後、ウエハはエッチング後正の傾斜を作るため、

【数1】

$$\langle 110 \rangle$$

50 結晶方向に沿った各種の幅のSiO₂窓ストライプでパ

ターン形成された。チャンネルは 3 : 1 $\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}$ の選択湿式化学エッチングにより、 $n^+ \text{InGaP}$ 阻止層の細長い露出された部分を除去することにより、規定された。続いて、 SiO_2 エッチマスク及び $n^+ \text{GaAs}$ エッチ停止層の露出された部分は、通常的手段によって除去され、ウエハは第 2 の成長工程のために成長室中に再びセットされる。

【0025】プロセスのこの時点で、適切なウエハ表面はすべて InGaP であることに気づくであろう。これはまさに有利な条件で、それはもし GaAs が露出され

たら生じるであろう潜在的な問題を避けるのに役立つ。周知のように、 GaAs は表面酸化物の必要な最初の同時高温除去中、 P フラックス中で不安定である。

【0026】第 2 の成長は $0.1 \mu\text{m}$ $\text{P}^+ \text{GaAs}$ 導波路層、 $1.0 \mu\text{m}$ $\text{p}^+ \text{InGaP}$ クラッド層及び $0.2 \mu\text{m}$ $\text{p}^+ \text{GaAs}$ キャップ層の GSMBE 成長から成った。特にことわらなければ、すべての InGaP 層は $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{P}$ 格子整合組成を有した。成長は 520°C で、 n 形材料は Si がドーブされ、 p 形材料は Be がドーブされた。

【0027】第 2 の成長工程が完了した後、ウエハは約 0.1mm に薄くし、それぞれ p 及び n 形接触層として、通常のように $\text{AuBe}/\text{Ti}/\text{Au}$ 及び $\text{Au}/\text{Sn}/\text{Au}$ と合金化させた。次に、ウエハは約 $0.5 \text{mm} \times 0.5 \text{mm}$ の大きさの基体にへき開し、へき面を通常的方式で被覆し、生じたレーザを、接合側を上にして、 Cu ヒートシンク上にマウントした。特に述べてないプロセスは、従来のもので、よく知られている。

【0028】図 5 は阻止層中に、それぞれ 2.5 及び $4.5 \mu\text{m}$ 幅の開孔を有する（上述のように作製された） AR/HR 被覆レーザについての CW 室温データの例を示す。レーザはそれぞれ 12 及び 14mA の閾値電流、 $0.68 \text{mW}/\text{mA}$ の外部微分量子効率及びそれぞれ 61 及び 83mW の自由空間への放出ピークパワーを示した。

【0029】図 6 は $2.5 \mu\text{m}$ の阻止層開孔を有する上述のように作製されたレーザの、波長対放射強度のデータ例を示す。室温の CW データは 30mW の出力パワーでとられ、放射は $1.05 \mu\text{m}$ の波長に中心をもつシングルモードで、 30db 以上のサイドモード抑圧比を明らかに示している。基本モードのレーザ発振は、典型的な場合、最大出力パワーまで観察された。当業者は $0.98 \mu\text{m}$ に出力の中心があるレーザを得るには、組成又は QW 厚をわずかに変化させるだけでよいことを、認識するであろう。

【0030】図 7 は上述のように作製された $2.5 \mu\text{m}$ 開孔幅のレーザについての 30 ないし 145°C の温度における駆動電流対出力パワーのデータ例を示す。レーザは 130K の臨界温度 (T_c) を示した。空洞長を変えたレーザの測定から、推定される典型的な内部微分量子

効率は約 82% 、典型的な導波路損は約 12cm^{-1} であった。

【0031】上述の実施例は、 Al を含まない半導体合金である。そのような実施例は好ましいが、本発明はそれのように限定されない。たとえば、別の実施例は図 1 に示されたような構造をもつが、クラッド (12) 及び (14) は $n \text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ で、エッチ停止層 (15) は $p \text{AlAs}$ 、阻止層 (16) 及びクラッド (18) は $p \text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ であることが異なる。

【0032】図 8 は本発明に従う製品の例、すなわち光増幅手段 (84) を含む光ファイバ通信システム (80) を概略的に示す。（たとえば、約 $1.55 \mu\text{m}$ の波長の）変調された放射 (82) は、外部信号にตอบสนองして、送信機 (81) により生成され、光伝送ファイバ (831) 内に結合され、それを通して増幅器 (84) まで伝送され、増幅され、更に伝送ファイバ (832) 中を受信機 (85) まで伝送され、そこで受信された光信号にตอบสนองして出力信号が生じる。増幅器 (84) は通常の結合手段 (843) により、一定の長さの Er ドープ光ファイバ (844) に結合された通常の波長分割マルチプレクサ (WDM) カブラを含む。約 $0.98 \mu\text{m}$ の波長のポンピング放射 (845) は、本発明のレーザにより生じ、 WDM カブラ (842) のポンピングアーム中に結合され、 Er ドープファイバ中を信号放射と同方向に伝搬し、信号の増幅を生じる。当業者は光ファイバ伝送システムは二方向性にでき、ポンピング放射は信号放射と同方向又は反対方向に伝搬できることを認識するであろう。各種の通常の部品（たとえばポンピングレーザ (841) を駆動する電流を供給するための手段）は、図 8 に示されていない。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に従う 2 つのレーザの例を概略的に描いた図である。

【図 2】図 1 の断面 BB' 及び AA' に付随した伝導帯端を概略的に示す図である。

【図 3】図 1 の断面 BB' 及び AA' に付随した伝導帯端を概略的に示す図である。

【図 4】本発明に従う 2 つのレーザの例を概略的に描いた図である。

【図 5】駆動電流対出力パワーのデータの例を示す図である。

【図 6】波長対出力強度のデータの例を示す図である。

【図 7】駆動電流対出力パワーのデータの例を示す図である。

【図 8】本発明に従う製品の例、即ち本発明に従うポンピングレーザを含むファイバ増幅器を有する光ファイバ伝送システムを概略的に示す図である。

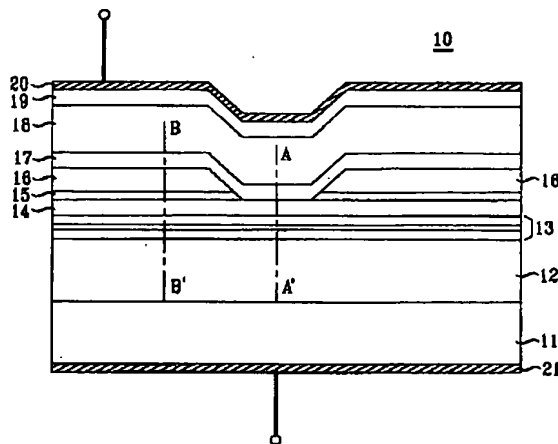
【符号の説明】

10 実施例

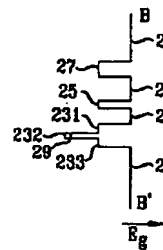
- 9
- 11 半導体基板
 - 12 第1のクラッド層
 - 13 活性層
 - 14 第2のクラッド層
 - 15 エッチ停止層
 - 16 阻止層
 - 17 光導波層
 - 18 クラッド層、クラッド
 - 19 キャップ層
 - 20、21 接触層
 - 22、24 クラッド層の伝導帯端
 - 25 エッチ停止層の伝導帯端
 - 26 阻止層の伝導帯端
 - 27 クラッドの伝導帯端
 - 28 導波路層の伝導帯端
 - 29 基底エネルギーレベル
 - 40 実施例

- 10
- 42、44、48 クラッド層
 - 43 活性層
 - 46 阻止層
 - 80 光ファイバ通信システム
 - 81 送信機
 - 82 放射
 - 84 増幅器
 - 85 受信機
 - 231、233 障壁層の伝導帯端
 - 10 232 QWの伝導帯端
 - 831 光伝送ファイバ
 - 832 伝送ファイバ
 - 841 光伝送ファイバ、ポンピングレーザ
 - 842 WDMカプラ
 - 843 結合手段
 - 844 Erドープ光ファイバ
 - 845 ポンピング放射

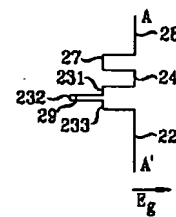
【図1】



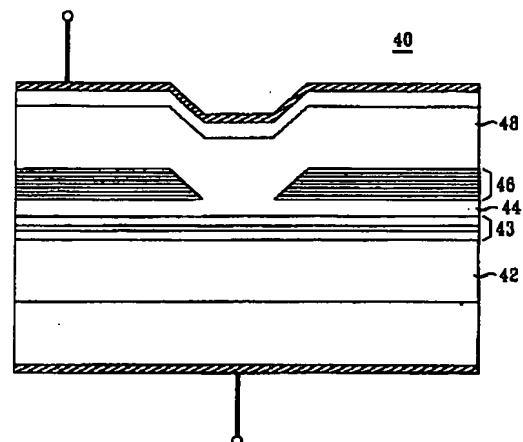
【図2】



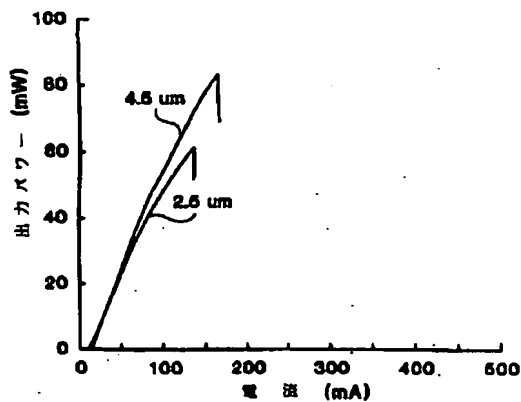
【図3】



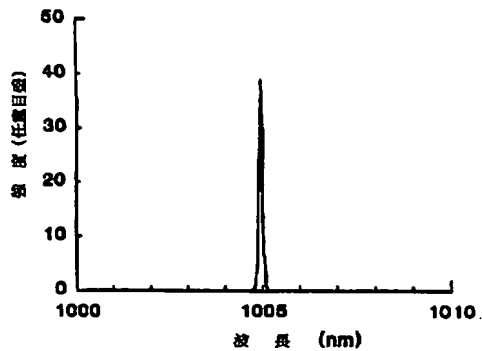
【図4】



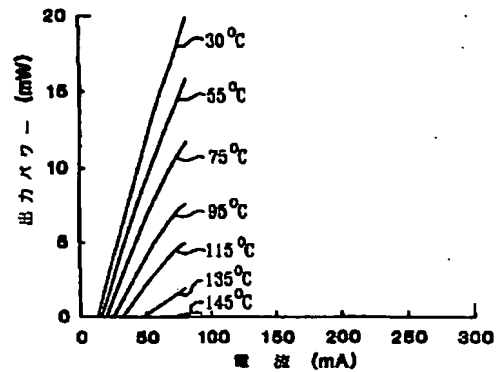
【図5】



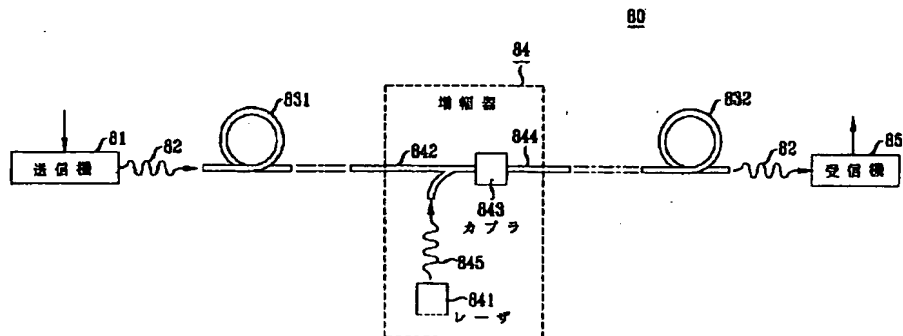
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72) 発明者 ヤングーカイ チェン
アメリカ合衆国 07922 ニュージャージー
イ, パークレイ ハイツ, ヒルクレスト
アヴェニュー 54

(72) 発明者 マーリス アルフォンソ チン
アメリカ合衆国 07080 ニュージャージー
イ, サウス プレインフィールド, ペル
プレイス 1930

(72) 発明者 ジェンーミン クオ
アメリカ合衆国 08817 ニュージャージー
イ, エディソン, メレディス ロード 43

(72) 発明者 アーサー マイク サージェント
アメリカ合衆国 07974 ニュージャージー
イ, ニュープロヴィデンス, スタンレイ
ロード 16

(72) 発明者 ミンーチアン ウー
アメリカ合衆国 08807 ニュージャージー
イ,ブリッジウォーター, アムステルダム
ロード 804